ZNAČAJ MERENJA PROTICAJA U SISTEMIMA ZA OTPADNE I ATMOSFERSKE VODE KOD PROJEKTOVANJA KANALIZACIONIH SISTEMA I OBJEKATA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

Branislav Hiba, dipl.inž.građ.*

1. UVOD

Opšti tehnološki razvoj u svetu uslovio je i značajan napredak u pristupima rešavanja problema vezanih za komunalnu hidrotehničku infrastrukturu. U ovoj oblasti značajno mesto pripada sistemima za evakuaciju i prečišćavanje otpadnih i atmosferskih voda sa urbanih slivova. Ovi sistemi obuhvataju pre svega podzemne kanalizacione kolektore raznih tipova, oblika i dimenzija i postrojenja za prečišćavanje otpadnih i atmosferskih voda. Kolektorska mreža obezbeđuje transport i evakuaciju voda u skladu sa odgovarajućim tehničkim uslovima i standardima. Na postrojenjima za prečišćavanje vrši se tretman voda pre ispuštanja u recipijente primenom savremenih tehnoloških postupaka. Pri tome je neophodno da se zadovolje pre svega propisi vezani za zaštitu životne sredine. Opšti trend u svetu je takav da zaštita životne sredine postaje jedan od prioriteta u daljem razvoju sistema, što dovodi do pooštravanja standarda kojima se reguliše ova problematika.

Sistemi za evakuaciju i prečišćavanje otpadnih i atmosferskih voda spadaju u najskuplje delove komunalne infrastrukture. Radi toga je od posebnog značaja da se oni u tehno-ekonomskom smislu i sa aspekta zaštite životne sredine optimalno koncipiraju. Ovo se odnosi kako na izgradnju novih objekata, tako i na rekonstrukcije, sanacije i održavanje postojećih. Upravo u najrazvijenijim zemljama u svetu je relativno ograničen broj novih objekata, dok se najveći deo radova odnosi na održavanje i rekonstrukciju postojećih.

U skladu sa razvojem sistema komunalne infrastrukture porastao je i značaj sistematskog merenja i prikupljanja podataka o proticajima otpadnih i atmosferskih voda koje se evakuišu i prečišćavaju. Takođe, opšti tehnološki napredak omogućio je i znatan razvoj i usavršavanje tehnologije merenja i merne opreme. Finansijska sredstva koja treba uložiti u merenja i obradu podataka merenja su relativno mala u odnosu na uštede koje se mogu ostvariti kod projektovanja, izgradnje, rekonstrukcije i održavanja sistema.

Imajući u vidu gore navedeno može se zaključiti da će značaj podataka merenja otpadnih voda biti sve veći i u budućnosti. Ovo se posebno odnosi i na našu zemlju, s obzirom da su raspoloživi podaci izuzetno skromni, pa je neophodno da se u budućem periodu ovo zaostajanje što brze nadoknadi.

* Institut za vodoprivredu “Jaroslav Černi”, Beograd

2. METODOLOGIJA MERENJA I KORIŠĆENJE REZULTATA MERENJA

2.1 Merenja u kanalizacionim sistemima

Kanalizacioni sistemi se izvode po opštem tipu, sa zajedničkim odvođenjem otpadnih i atmosferskih voda ili kao separacioni, gde su otpadne i atmosferske vode razdvojene. Kod separacionih sistema se formiraju dve nezavisne kolektorske mreže za posebno odvođenje otpadnih i atmosferskih voda.

Proticaji u kanalizaciji za otpadne vode su po pravilu ujednačeni, posebno u velikim gradovima. U sistemima atmosferske kanalizacije, zavisno od padavina, raspon između minimalnih i maksimalnih proticaja je višetruko veći. Maksimalni proticaji mogu biti i više desetina puta veći od minimalnih.

Merenja proticaja se uglavnom sprovode u kanalizacionim kolektorima, gde se najčešće javlja tečenje sa slobodnim ogledalom. Takođe, merenja su česta i u okviru posebnih objekata kao što su crpne stanice, retenzioni bazeni, rasteretni prelivi i dr.

2.1.1 Merenja u kanalizacionim sistemima opšteg tipa

Kod opštih sistema kanalisanja posebno se evidentiraju proticaji u suvom periodu i za vreme padavina. Merenja se vrše za potrebe dimenzionisanja objekata kanalizacije i postrojenja za prečišćavanje, kao i za kalibraciju simulacionih modela koji se danas standardno koriste kod projektovanja.

U suvom periodu sistem funkcioniše kao zatvoren, odnosno sva otpadna voda se evakuiše na postrojenje.

Za vreme padavina kada dolazi do znatnog povećanja proticaja uobičajeno je da se aktiviraju rasteretni prelivi u okviru sistema, preko kojih se deo voda bez prečišćavanja evakuiše u recipijente. Merenja proticaja na rasteretnim prelivima je značajno kako sa aspekta dimenzionisanja sistema, tako i sa aspekta zaštite životne sredine.

2.1.2 Merenja u kanalizacionim sistemima separacionog tipa

2.1.2.1 Merenja u separacionim sistemima za otpadne vode

Merenje proticaja u separacionim sistemima za otpadne vode se vrši za potrebe dimenzionisanja kolektora i objekata kao što su crpne stanice, prelivi i ispusti u okviru mreže, retenzioni bazeni, i dr. Takođe, merenja su od posebnog značaja i za dimenzionisanje postrojenja za prečišćavanje koja su sastavni deo sistema i sa kanalizacionom mrežom čine jedinstvenu funkcionalnu celinu. Kod ovakvih sistema je osnovna pretpostavka da se celokupna voda evakuiše u okviru sistema i dospeva na postrojenje za prečišćavanje. Merni podaci su od značaja i za kalibraciju simulacionih modela.

2.1.2.2 Merenja u separacionim sistemima za atmosferske vode

U ovakvim sistemima oticaj se javlja po pravilu samo za vreme padavina. Atmosferske vode su se ranije uobičajeno odvodile bez prečišćavanja u recipijente. U skladu sa pooštravanjem propisa koji se odnose na zaštitu životne sredine u sve većoj meri se vrši prečišćavanje i ovih voda. Pri tome se najčešće prečišćava samo deo voda. Podaci merenja koriste se za potrebe dimenzionisanja objekata kanalizacije, rasteretnih preliva, postrojenja za prečišćavanje i za kalibraciju simulacionih modela.

2.2 Merenja na postrojenjima za prečišćavanje

Ovi podaci se koriste za dimenzionisanje pojedinih objekata postrojenja. Takođe, oni su veoma značajni i kasnije u toku eksploatacije postrojenja za potrebe, kontrole, održavanja i poboljšanja efekata prečišćavanja.

Uobičajena praksa je da se merači proticaja ugrađuju na dovodu sirove otpadne vode na postrojenje i na odvodu prečišćene vode. Merenje se sprovodi u kanalima sa tečenjem sa slobodnim ogledalom i u zatvorenim cevovodima kod kojih je tečenje pod pritiskom.

Osim merenja proticaja duž linije vode, na postrojenjima za prečišćavanje vrše se i merenja proticaja mulja. Tim merenjima obuhvaćen je primarni mulj, recirkulisani mulj iz sekundarnih taložnika i mulj koji se evakuiše iz zgušnjivača.

3. POSTUPCI I OPREMA ZA MERENJE

3.1 Prikaz osnovnih postupaka merenja

Merenja proticaja se vrše u kanalizacionim kolektorima i otvorenim kanalima gde je tečenje najčešće sa slobodnim ogledalom ili na zatvorenim cevovodima pod pritiskom. Postoji više metoda za merenje koje se zasnivaju na primeni raznih vrsta uređaja i senzora.

Merenje u kanalima ili kolektorima. U otvorenim kanalima ili kolektorima sa tečenjem sa slobodnim ogledalom najčešće se koristi metoda merenja proticaja preko merenja nivoa na mernim prelivima ili na posebno oblikovanim mernim mestima u kanalu. Standardno se primenjuju objekti-merni kanali tipa Venturi ili Parshall. Pored toga proticaji se određuju na osnovu merenja rasporeda brzina i površine proticajnog profila na mernom mestu (na bazi magnetne indukcije ili ultrazvuka).

Merenja u zatvorenim cevovodima. Ovde se primenjuju tri osnovna metoda merenja: merenje na bazi pritiska ugradnjom prepreke na cevovodu radi stvaranja hidrauličke denivelacije (na pr. venturijevo suženje, dijafragma i dr.); merenje efekata mase fluida u pokretu (primena magnetne indukcije, ultrazvuka ili vrtloženja), i merenje priraštaja zapremine protekle tečnosti kojim su obuhva'eni turbinski ili propelerni merači proticaja kod kojih je brzina rotirajućeg elementa u korelaciji sa brzinom tečenja odnosno proticajem.

U tabeli 1 daje se prikaz podobnosti pojedinih metoda merenja za primenu na sistemima za otpadne vode.

Tabela 1 Podobnost primene pojedinih metoda merenja na sistemima za otpadne vode

Metod merenja	Otpadna voda			Mulj		
	Sirova	Primarni taložnik	Sekundarni taložnik	Primarni	Sekundarni	Zgusnuti
Kanal/Nivo	+	+	+			
Preliv/Nivo	+	+	+			
Kanal/ Magnetna Indukcija (1)	+	+	+			
Kanal/Ultrazvuk (Doppler)	+					
Kanal/Ultrazvuk (Transmisija)		+	+			
Cevovod/Dijafragma	+(3)	+(3)	+	+(3)	+(3)	+(3)
Cevovod/Venturi	+(3)	+(3)	+	+(3)	+(3)	+(3)
Cevovod/Magnetna Indukcija (2)	+	+	+	+	+	+
Cevovod/Ultrazvuk (Doppler)	+			+	+	+(4)
Cevovod/Ultrazvuk (Transmisija)		+	+			
Cevovod/ Vrtložni merač		+	+			
Cevovod/Zapreminski (Turbinski)			+			

(1) Magnetno – induktivni senzor ili više senzora u kanalu
(2) Magnetno – induktivni merač proticaja za potpuno ili delimično ispunjenu cev
(3) Preporučuje se ugradnja priključaka za ispiranje merača
(4) Sadržaj suspendovanjih materija manji od 4%

3.2 Kriterijumi za selekciju opreme za merenje

Značajni kriterijumi koje treba uzeti u razmatranje kod izbora merne opreme su: podobnost za primenu, ispravno dimenzionisanje, sastav fluida koji se meri, preciznost, hidraulički gubitak, uslovi za montažu, uslovi ambijenta u kome oprema treba da funkcioniše, uslovi za održavanje opreme. Detalji u vezi navedenih kriterijuma su prikazani u tabeli 2.

Tabela 2 Kriterijumi za izbor opreme za merenje

Podobnost primene	Analizira se podobnost primene metoda i opreme za planirana merenja.
Dimenzionisanje	Treba da se predvidi oprema koja pokriva ceo opseg proticaja koji se meri. Takođe je važno da su brzine tečenja u preporučenom opsegu.
Sastav fluida u kome se vrši merenje	Kompatibilnost merne opreme sa sastavom fluida u kome se vrši merenje. Kompatibilnost merne opreme sa sadržajem suspendovanih čestica u fluidu. Otpornost okvašenih delova opreme na hemijske reakcije sa fluidom.
Preciznost i ponovljivost merenja	Treba ostvariti zahtevanu preciznost merne opreme i ponovljivost merenja (kod više puta ponovljenog merenja pri istim uslovima dobija se isti rezultat). Potvrđena preciznost opreme treba da je kompatibilna sa ukupnim nivoom preciznosti u okviru celog sistema. Razmatranje preciznosti opreme u kontestu zaštite životne sredine.
Hidraulički gibitak	Da li postoje ograničenja vezana za hidraulički gubitak izazivan mernom opremom.
Uslovi montaže	Da li je na kanalu ili cevovodu obezbeđena dovoljna dužina pravolinijske deonice uzvodno od mernog mesta. Oprema mora da se dobro uklopi u elemente postojećeg sistema (zatvarači, pumpe, fazonski komadi i dr). Merna oprema treba da bude lako dostupna za servisiranje. Treba ugraditi fazonske komade koji obezbeđuju laku demontažu i aktiviranje eventualnih by-pass veza.
Uslovi ambijenta	Ovo obuhvata prevenciju od eventualnih rizika od eksplozije usled prisustva eksplozivnih gasova. Oprema treba da bude otporna na vlagu, koroziju i temperaturne promene.
Uslovi održavanja	Treba obezbediti uslove za eventualno ispiranje opreme ili ručno čišćenje i dr.

3.3 Osnovne tehničke karakteristike opreme koja se koristi za merenje kod sistema za otpadne i atmosferske vode

U tabeli 3 navode se neke osnovne tehničke karakteristike mernih uređaja koje su od značaja za njihovu praktičnu primenu.

Tabela 3 Tehničke karakteristike merne opreme

Metod merenja	Merni opseg	Preciznost u % u odnosu na stvarnu vrednost	Ponovljivost u % u odnosu na puni opseg merenja	Dužina prave deonice u odnosu na širinu mernog kanala ili prečnik cevovoda
Kanal/Nivo	10:1 - 75:1 (1)	± 5 – 10 (2)	± 0.5	
Preliv/Nivo	500:1	± 5	± 0.5	
Kanal/Magnetna Indukcija (3)	10:1	± 1 - 2	± 0.5	
Cevovod/ Dijafragma	4:1	± 3	± 0.5	4 - 10
Cevovod/ Venturi	4:1	± 1	± 0.5	4 - 10
Cevovod/Magnetna Indukcija (4)	10:1	± 1 - 2	± 0.5	5
Cevovod/Ultrazvuk (Doppler)	10:1	± 3	± 1	7 - 10
Cevovod/Ultrazvuk (Transmisija)	10:1	± 2	± 1	7 - 10
Cevovod/ Vrtložni merač	15:1	± 1	± 0.5	10
Cevovodi/Zapreminski (Turbinski)	10:1	± 0.25	± 0.05	10

(1) Odnos maksimalnog prema minimalnom proticaju zavisi od tipa kanala
(2) Za kanal tipa Parshall preciznost je ± 5%, za kanal tipa Palmer – Bowlus ± 10%
(3) Magnetno – induktivni senzor ili više senzora u kanalu
(4) Magnetno – induktivni merač proticaja za potpuno ili delimično ispunjenu cev

3.4 Prenos, prikupljanje i obrada podataka

Savremena oprema za merenje protoka obuhvata elemente koji se ugrađuju u kanalizacionim kolektorima (fazonski komadi, merači, sonde, senzori) i elektronsku i računarsku opremu za prenos, prikupljanje i obradu podataka. Upravo ta oprema je zadnjih 10 godina značajno unapređena u skladu sa opštim tehnološkim razvojem i širokom primenom novih tehnologija u domenu merenja proticaja u sistemima za otpadne vode.

Fizička veličina koja se pomoću senzora meri u kanalu (nivo / brzina) se pretvara u električni signal i dalje prenosi kablovskim putem. Na tržištu se danas mogu nabaviti i senzori sa integrisanom memorijom dovoljnog kapaciteta za višemesečno prikupljanje podataka. Ovakvi sistemi su programabilni pa se npr. može podešavati učestalost merenja. Na taj način se merenje može vršiti tako što se celokupna oprema ugrađuje direktno na mernom mestu, gde se i prikupljaju podaci na disku. Uobičajeno je da se podaci koji se prikupljaju na ovaj način povremeno preuzimaju radi analize i dalje kompjuterske obrade.

Međutim veoma često se mereni podaci prenose do kontrolnih jedinica koje su znatno udaljene od mernog mesta. Prenos podataka putem standardnih signalnih kablova koji se isporučuju uz senzore može se vršiti do udaljenosti od oko 1500 m. Za veća rastojanja su

potrebna kompleksnija i skuplja tehnička rešenja. Kontrolne jedinice se mogu opremiti računarima ili programabilnim logičnim kontrolerima (PLC).

Računarski sistemi služe pre svega za prihvatanje, prikaz, kontrolu, i dalju obradu podataka. Obrada podataka se vrši pomoću softvera koji se formiraju namenski, u funkciji kompleksnosti celokupnog sistema i tehničkih uslova održavanja, kontrole i obezbeđenja funkcionja. Pored prihvatanja i obrade mernih podataka njihova funkcija je i upravljanje sistemom. Na bazi dobijenih mernih vrednosti i programiranih funkcija, upravlja se radom pojedinih uređaja i opreme u okviru sistema.

Kontrolne jedinice za prijem, prikaz i obradu mernih podataka i upravljanje sistemom mogu biti relativno jednostavne, a takođe i vrlo kompleksne. Ovo zavisi od značaja i složenosti sistema koji se kontroliše, broja mernih mesta i ugrađenih senzora, zatim uslova koji se postavljaju u pogledu prikaza i obrade, odnosno kontrole i upravljanja. U tom smislu formiranje kontrolnih jedinica može iziskivati angažovanje stručnjaka raznih profila kao i značajna finansijska sredstva. Na ovaj način se mogu formirati veoma kompleksni informacioni i upravljački sistemi.

3.5 Održavanje merne opreme

Da bi se obezbedilo ispravno funkcionisanje merne opreme neophodno je preduzeti odgovarajuće mere za njeno održavanje. To obuhvata kontrolu, čišćenje, kalibraciju, beleženje i čuvanje podataka vezanih za rad opreme.

Čišćenje opreme se može vršiti ispiranjem vodom ili ručnim i mehaničkim čišćenjem. Kod cevovoda i kanala koji funkcionišu periodično, kao npr. kod merenja duž linije mulja na postrojenjima za prečišćavanje treba obezbediti uređaje za povremeno ispiranje. To su cevovodi i priključci na sistem čiste vode za ispiranje.

Neposredno održavanje se može olakšati i ugradnjom specijalne merne opreme. Na primer kod magnetno-induktivnog merenja se mogu ugraditi elektrode koje se same čiste putem ultrazvučnih talasa visoke frekvencije ili zagrevanjem.

Pošto se merenja vrše u sistemima za evakuaciju prljavih voda sa primesama suspendovanih materija i raznih drugih sastojaka (pesak, mulj, lišće, granje, papir, PVC kese, delovi ambalaže od plastike i dr.), sve to zajedno nepovoljno utiče na održavanje i funkcionalnost merne opreme. Radi toga je povoljnije da se elementi opreme ugrađuju po mogućstvu izvan medija koji se transportuje, kako bi bili lakše dostupni za vizuelnu kontrolu i radove na montaži / demontaži i održavanju.

Merači protoka treba da se kalibrišu na mestu ugradnje, kako bi se verifikovale zahtevane performanse i uspostavili polazni podaci za buduće periodične kontrole i kalibraciju. Periodične kalibracije treba da se vrše od strane stručnjaka isporučioca opreme, kako bi se osiguralo njeno ispravno funkcionisanje.

Pored originalnih podataka o kalibraciji značajno je i beleženje trenutnih operativnih podataka za ugrađenu opremu. Pravovremenom kontrolom ovih podataka mogućno je da se problemi u vezi funkcionisanja opreme unapred sagledaju i preduprede.

4. PRIKAZ PRAKTIČNE PRIMENE MERENJA PROTICAJA KOD PLANIRANJA I PROJEKTOVANJA OBJEKATA

U Institutu "Jaroslav Černi" je urađen ili je u izradi veći broj projekata koji se odnose na kanalizacione sistema za otpadne i atmosferske vode i postrojenja za prečišćavanje komunalnih i industrijskih otpadnih voda. U sklopu izrade ovih projekata problematika merenja proticaja sve više dobija na značaju iz sledećih razloga:

- neophodna su merenja proticaja otpadnih voda kako bi se pribavile odgovarajuće podloge za projektovanje
- neophodni su podaci sa postojećih sistema da bi se izvršila rekonstrukcija ili ostvarili optimalni pogonski uslovi
- uređaji i objekti za merenje proticaja se predviđaju kao jedan od elemenata budućih objekata i postrojenja

U daljem tekstu se navode neki konkretni primeri sprovedenih merenja i njihov značaj u širem sklopu izrade i realizacije odgovarajućih projekata.

4.1 Generalni projekat prečišćavanja gradskih i industrijskih otpadnih voda grada Niša

Ovim projektom koji je urađen u periodu 1998 – 2000 g. obuhvaćeni su objekti kanalizacije i postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda grada Niša. Ranijih godina je urađeno više projekata koji se odnose na razne segmente navedene problematike, ali pri tome nisu sprovedena merenja proticaja. U sklopu ovog Generalnog projekta merenja proticaja su vršena u cilju pribavljanja pouzdanih podloga za projektovanje.

U okviru postojećeg kanalizacionog sistema grada Niša postoje tri glavna nezavisna izliva u reku Nišavu. Sva tri izliva su opšteg tipa i preko njih se evakuišu otpadne vode u suvom periodu, a takođe i atmosferske vode za vreme padavina.

Merenja proticaja otpadnih voda sprovedena su u toku 1998 g. na sva tri izliva u dva ciklusa kontinualnog trajanja od po 7 dana. Primenjena metodologija merenja se zasnivala na merenju nivoa pomoću senzora koji su ugrađeni na svakom izlivu. Podaci o nivou vode u kanalu su memorisani na svakih 2 min. Za svako merno mesto na osnovu merenja su uspostavljene krive proticaja.

U tabeli 4 se daje prikaz karakterističnih izmerenih proticaja u suvom periodu i za vreme padavina.

Tabela 4 Izlivi gradske kanalizacije u Nišu – karakteristični izmereni proticaji 1998 g.

Izliv	Q izmereno m^3/s		
	Q_{min}, suvi period	Q_{max}, suvi period	Q_{max}, kišni period
Izliv 1 Beogradmalski	0.072	0.581	2.57
Izliv 2 Ivana Milutinovića	0.438	1.330	2.85
Izliv 3 Južni kolektor	0.067	0.206	0.89
Ukupno Izliv 1, 2 i 3	0.577	2.117	6.31

Na osnovu sprovedenih merenja su dobijeni verodostojni podaci koji su bili podloga za dalju razradu projektne dokumentacije za kanalizacioni sistem i objekte postrojenja za prečišćavanje. Pri tome su oni omogućili značajne izmene u pristupu kod projektovanja i dimenzionisanja pojedinih kapitalnih objekata. To obuhvata glavni Nišavski kolektor za dovod voda do postrojenja i objekte na postrojenju (crpna stanica sirove otpadne vode, primarni taložnici, bioaeracioni bazeni i sekundarni taložnici).

Takođe, podaci su korišćeni i za tariranje matematičkog modela koji je korišćen za simulaciju oticaja u kanalizacionom sistemu.

4.2 Glavni projekat evakuacije i prečišćavanja otpadnih voda fabrike "Bambi" u Braničevu

Ovaj projekat je urađen u Institutu "Jaroslav Černi", 1998 g. Projektom je obuhvaćen kanalizacioni sistem za evakuaciju otpadnih voda u reku Pek ukupne dužine oko 700 m i postrojenje za prečišćavanje. Primenjena je tehnologija produžene aeracije sa zajedničkom stabilizacijom mulja. Institut "Jaroslav Černi" je po principu inženjeringa iste godine izveo sve projektom predviđene objekte, pa su oni pušteni u rad u jesen 1998 g.

Merenje proticaja je predviđeno na cevovodu - odvodu prečišćene vode, pre ispuštanja u kanalizacioni kolektor za evakuaciju u reku Pek. Radi toga je izgrađen poseban objekat – šaht merača protoka. Primenjen je princip merenja pomoću suženja u kanalu tipa Venturi. Iznad kanala je postavljen senzor za merenje nivoa na bazi ultrazvuka. Signal sa senzora se prenosio do kontrolne jedinice u obližnjoj servisnoj zgradi, gde se proračunat proticaj prikazuje na displeju kao trenutni protok. Takođe, proračunava se i ukupan, kumulativni oticaj prečišćenih otpadnih voda. Potrošnja vode u ovoj fabrici je relativno mala, pa prosečni proticaji u toku rada fabrike iznose oko 1 – 2 l/s, odnosno oko 200 m^3/dan.

Merni podaci su iskorišćeni za poboljšanje funkcionisanja pojedinih objekata postrojenja (plivajući preliv u bioaeracionom bazenu i odvodni kanal u sekundarnom takožniku), a time i poboljšanje efekata prečišćavanja.

5. REZIME

Savremeni razvoj hidrotehničke komunalne infrastrukture za evakuaciju i prečišćavanje otpadnih i atmosferskih voda uslovljen je kako opštim tehnološkim razvojem, tako i pooštravanjem kriterijuma i propisa koji regulišu zaštitu životne sredine. U tom kontekstu zadnjih godina je znatno porastao značaj merenja proticaja u okviru tih sistema. S druge strane ubrzani razvoj tehnologija i merne opreme omogućio je da se merenja danas obavljaju na znatno višem nivou nego ranije. Istovremeno stvoreni su i uslovi za direktno upravljanje sistemima, odnosno njihovim delovima. Sve ovo je uslovilo i njihov znatno veći ekonomski značaj, s obzirom da se uz relativno mala ulaganja u merenja mogu ostvariti velike uštede kod planiranja investicija i kasnije eksploatacije i održavanja sistema.

Metodologija merenja proticaja, značaj i korišćenje rezultata su obrazloženi za pojedine vrste kanalizacionih sistema i postrojenja za prečišćavanje. Posebno se ističe značaj prikupljenih podataka za kalibraciju simulacionih modela, koji se danas koriste kod projektovanja kanalizacionih sistema.

U članku je dat pregled savremenih postupaka za merenje proticaja otpadnih i atmosferskih voda i mulja na postrojenjima za prečišćavanje kao i njihova podobnost za primenu u zavisnosti od toga gde se vrši merenje i koje su osnovne karakteristike fluida koji se meri. Pored toga definisani su i kriterijumi za selekciju i izbor postupka merenja. Dodatna poređenja i kriterijumi od značaja se mogu uspostaviti i na osnovu prikaza osnovnih tehničkih karakteristika, što je takođe dato u posebnoj tabeli.

Merna oprema koja se ugrađuje u kolektorima i cevovodima se najčešće zasniva na primeni senzora za merenje nivoa i brzina. Savremeni razvoj elektronike i računarske tehnike pruža velike mogućnosti za prenos, prikupljanje, memorisanje, obradu i vizuelno prikazivanje merenih podataka. Na taj način ceo proces može se kontrolisati i usmeravati komforno i na visokom tehnološkom nivou iz kontrolnih jedinica. Pri tome se primenjuju softveri koji se posebno kreiraju i prilagođavaju konkretnim tehničkim uslovima.

Kalibracija merne opreme je neophodna kod uspostavljanja mernih mesta i kasnije u toku eksploatacije, u određenim vremenskim intervalima. Kalibraciju treba da sprovode ovlašćeni stručnjaci firmi koje proizvode, isporučuju i ugrađuju opremu.

Praktičan značaj merenja proticaja prikazan je na primeru dva najnovija projekta koji su urađeni u Institutu "Jaroslav Černi". Merenja koja su sprovedena i Nišu su omogućila kvalitativno viši nivo u pogledu kritičkog sagledavanja postojeće projektne dokumentacije i projektovanja budućih kapitalnih objekata gradske kanalizacije i postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda.

L I T E R A T U R A

(1) *Metcalf & Eddy: Wastewater engineering, Third Edition, McGraw-Hill, Inc., International Edition 1991.*
(2) *Ronald L. Droste: Theory and practice of water and wastewater treatment, John Wiley & Sons, Inc., 1997.*
(3) *ATV: Lehr-und Handbuch der Abwassertechnik, Third Edition, Vol. I and II, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 1982.*
(4) *R.Heierli: Hydraulische Probleme bei Kläranlagen, ETH, Zürich, 1972.*
(5) *Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi": Generalni projekat postrojenja za prečišćavanje gradskih i industrijskih otpadnih voda grada Niša, Beograd, 2000.*
(6) *Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi": Glavni projekat sistema za prikupljanje, prečišćavanje i evakuaciju otpadnih voda iz prehrambene industrije "Bambi" pogona u Braničevu, Beograd, 1998.*
(7) *Đula Fabijan: Merenje proticaja u atmosferskoj kanalizaciji senzorima na bazi Dopplerovog efekta, Voda i sanitarna tehnika, br. 1-2, 2001.*
(8) *KROHNE, Products catalogue, 2000.*
(9) *INDAS Industry assistance, katalog proizvoda, 2000.*